

# 2012年度 物理学基礎論B 試験問題

2013/01/31 鶴剛

問題は4問である。全ての解答用紙に、名前、学生番号、所属学部(および学科)、入学年、回生、組を書くこと。解答は答のみならず、それを導いた過程も示せ。問題は指定した演習書のものと若干の違いがある得る(文言、記号、問題構成など)。問題を良く読んで間違えないように。全ての問題について、誘電率と誘磁率は真空での値に一致し、それぞれ  $\epsilon_0, \mu_0$  とする。

## 問題1

半径  $R$  の球内に密度  $\rho$  で一様に電荷が分布している。

- (1) 半径  $r < R$  および  $r > R$  での電場  $E(r)$  を求めよ。
- (2) 電場を積分する事で静電ポテンシャル  $\phi(r)$  を求めよ。但し  $r \rightarrow \infty$  の時に  $\phi(r) \rightarrow 0$  とする。
- (3) ポアソン方程式を直接解く事で静電ポテンシャルを求めよ但し  $r \rightarrow \infty$  の時に  $\phi(r) \rightarrow 0$  とする。
- (4) 静電エネルギーを求めよ。

## 問題2

下記の【 】に適した式を答えよ。プラスマイナスの符号は採点の基準にしないので、符号を気にせず答えよ。

電流を金属中の電子の運動で説明する。電子の質量を  $m$ 、電荷を  $-e (< 0)$ 、導体中の電場を  $E$  とする。

金属中の電子は電場から力【(1)】を受け加速運動をするが、しばらく走ると原子に衝突し速度0になる。平均的に最初の衝突後に時間  $\tau$  後に次の衝突をすると、その間に走る距離は【(2)】である。従って電子の平均速度は【(3)】となり、マクロには電子は速さ【(3)】で等速運動をしているのと同じように見える。

金属中の電子の体積密度を  $n$  とすると、電流密度は【(4)】と計算できる。従って電気伝導度は【(5)】となる。

時間  $\tau$  に長さ【(2)】を進む間に、電場が1つの電子へ行う仕事は【(6)】となるので、金属全体で単位時間あたりに行う単位体積あたりに仕事は【(7)】となる。

この仕事は電子が原子にぶつかって熱的なエネルギーに変換される。ミクロには電子が原子にぶつかり、原子を振動させる原子の熱的なエネルギーを増大させると理解できる。これをジュール熱と呼ぶ。

### 問題 3

図 1 のように半径  $a$  の円形の回路に流れる強さ  $I$  の定常電流が，円の中心  $O$  を通り円の面に垂直な直線上の点  $P$  に作る磁束密度  $\vec{B}$  を考える．ただし中心  $O$  と点  $P$  の距離を  $z$  とする．

- (1)  $z = 0$  (すなわち円の中心  $O$ ) での磁束密度の方向と大きさを求めよ．
- (2)  $z \neq 0$  の点  $P$  上での磁束密度の方向と大きさを求めよ．

### 問題 4

図 2 のように半径  $a, b$  の 2 つの十分に長い中空円筒状の導体  $A$  と  $B$  が，軸を一致させておかれてる ( $a < b$ )．軸中心からの半径を  $r$  とする．

- (1) これら  $A$  と  $B$  に，同じ強さ  $I$  の電流を軸方向に互いに逆向きに流したとき，アンペールの法則を適用して  $r < a, a < r < b, b < r$  のそれぞれにおいて生ずる磁束密度を求めよ．
- (2) 長さ  $l$  に蓄えられる磁場のエネルギーを求めよ．

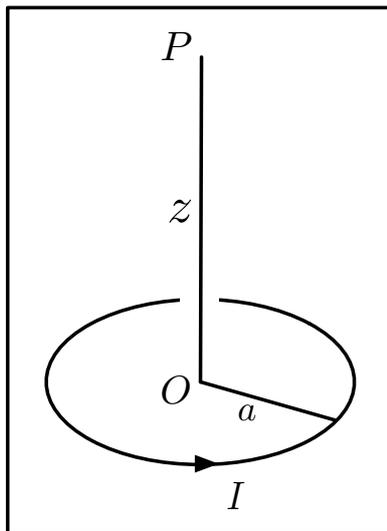


図 1

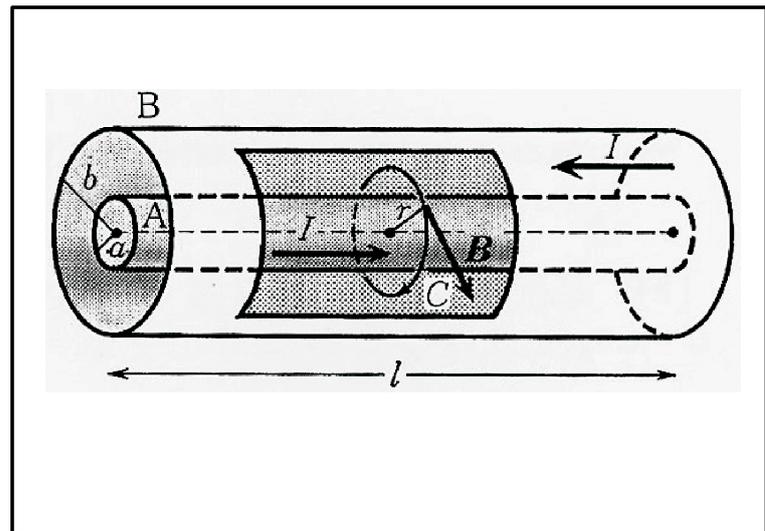


図 2